

(1)

九、發明說明

〔 相關申請案 〕

本案與 2004 年 7 月 12 日提申，名稱爲“METHOD FOR INCREASING THE FATIGUE RESISTANCE OF STRUCTURES FORMED BY BENDING SLIT SHEET MATERIAL AND PRODUCTS RESULTING THEREFROM”，的美國暫時申請案第 60/587,470 號有關，該案的全部內容藉由此參照而被併於本文中。

本案亦爲 2003 年 9 月 26 提申，名稱爲 TECHNIQUES FOR DESIGNING AND MANUFACTURING PRECISION-FOLDED, HIGH STRENGTH, FATIGU-RESISTANT STRUCTURES AND SHEET THEREFOR 的美國申請案第 10/672,722 號的部分接續案，其爲 2002 年 9 月 26 提申，名稱爲 METHOD FOR PRESION BENDING OF SHEET OF MATERIALS, SLIT SHEETS FABRICATION PROCESS 的美國申請案第 10/256,870 號，現爲美國專利第 6,877,349 號的部分接續案，該專利又爲 2000 年 8 月 17 提申，名稱爲 METHOD FOR PRESION BENDING OF A SHEET OF MATERIAL AND SLIT SHEET THEREFOR 的美國申請案第 09/640,267 號，現爲美國專利第 6,481,259 號的部分接續案，其全部的內容藉由此參照被併於本文中。

【發明所屬之技術領域】

本發明大體上係有關於彎折其上形成有彎折誘發結構

(2)

，如縱切口（slit），溝槽，齒孔或級階，之板材，更特定地係有關於改良由彎折此等板材所形成之結構之在循環受負荷期間抗疲勞的能力。

【 先 前 技 術 】

在使用傳統的板材彎折設備來彎折板材時經常遇到的問題為，彎折的位置因為彎折公差變化及公差累積的關係而很難控制。例如，金屬板可沿著第一彎折線在某程度的公差範圍內被彎折，然而，一第二彎折通常係根據第一彎折來定位，因此公差即會累積。因為製造一圍件或閉合結構通常包含三個或更多的彎折，所以在傳統的彎折技術中之公差累積的影響是相當的大。

此問題的解決方案之一為透過使用彎折誘發或彎折控制結構，如縱切口，溝槽，齒孔或類此者，來控制在該板材上之彎折的位。彎折誘發結構可藉由使用電腦數位控制的（CNC）裝置所操作的雷射，水刀，衝床，車刀或單點式工具而被形成在板材的精確位置處。

縱切口，溝槽，齒孔，凹窩及刻線已被用在各式的構圖系統中作為彎折板材之彎折誘發結構或製造結構。授予 Gitlin 等人之美國專利第 6,640,605 號使用平行偏位的縱切口來產生可彎折的板材，其中連接被扭曲的金屬帶或”縫線”跨越該彎折線。Gitlin 等人的縱切口技術被發展用以達成裝飾性的效果，且所得到的彎折在大多數的應用中都被強化用以提供必要的結構強度。授予 West 等人的美

(3)

國專利第 5,225,799 號使用以溝槽為基礎的技術來將一板材摺疊用以形成一微波導波件或濾波器。在授予 St. Louis 的美國專利第 4,628,661 號中刻痕線及凹窩被用來摺疊板材。在授予 Brandon 等人的美國專利第 6,210,037 號中槽口及齒孔被用來彎折塑膠。使用縱切口或沖切孔之瓦楞紙板的彎折被揭示於授予 Yokoyama 的美國專利第 6,132,349 號及 PCT 公開案第 WO 97/24221 號，授予 Grebel 等人的美國專利第 3,756,499 號及授予 Fischer 等人的美國專利第 3,258,380 號中。紙板的彎折亦受惠於縱切口，如揭示於授予 Hunt 的美國專利第 5,692,672 號及授予 Wood 的第 3,963,170 號及授予 Carter 的第 975,121 號中。

然而，在大多數的這些板材的彎折系統的先前藝中，彎折誘發結構會大大地減弱所得到的結構的強度，或彎折誘發結構並不會在彎折的位置處產生所想要的精確性，或者兩個缺點都會發生。

精準彎折及強度的維持這兩項問題在彎折金屬板時，特別是具有相當厚度的金屬板材，更顯嚴重。在許多應用中，能夠用小的力量，例如用手，只用手工工具或只用輕型的動力工具來彎折金屬板是所欲求的。

用來製造剛性的三維結構之習知的傳統製造技術包括藉由使用夾具及焊接，或用夾鉗及黏劑黏合，或使用切削及固定件，來將金屬板接合在一起。在焊接的例子中，會在焊接期間之各零件的精確切割及放置上產生問題，且處

(4)

理一大數量的零件所需要的勞力，以及品質的控制與確認的負荷是很大的。此外，焊接在由受加熱影響的區域所造成的尺寸穩定性上亦有潛在的問題。

具有相當厚度之金屬板或金屬片的焊接通常是使用具有斜切邊的零件來達成。這會增加很多的製成時間及成本。又，對於負荷的承受形狀係以焊接，硬焊，軟焊為依據之結合而言，受熱影響的金屬在循環受載下的疲勞斷裂是一項問題。

一種新的系統已被提出，用來精確地彎折包括厚板在內的板材，該系統使用改良的彎折誘發或彎折控制結構。該彎折誘發結構以一種方式被建構及設置，使得藉由彎折該板材而獲得之三維度結構與先前技藝之縱切口技術，如授予 Gitlin 等人之美國專利第 6,640,605 號所揭示的技術，比較起來具有改良的強度及尺寸精確度。這些新且改良的彎折誘發結構的位置及配置有助於板片的彎折可藉由在整個彎折期間造成板材在彎折誘發結構的相對側上的邊緣-對-表面的嚙合以實施彎折位置的控制而精確地沿著彎折線彎折。

這些新且改良的彎折誘發縱切口，溝槽及級階的配置與設置在〔相關申請案〕中有詳細的說明，這些申請案藉由此參照而被併於本案中。

使用這些改良的彎折誘發結構來彎折板材有許多的優點，其中之一為能夠使用一系列被精確設置的彎折來在折彎期間將該板材自身彎折閉合起來，用以製成一箱形樑。

(5)

相反地，壓彎技術（press break bending）就無法形成閉合的結構，如箱形樑。箱形樑為眾多應用中的一示範例，且迄今為止其傳統上係藉由將板材焊接在一起來製造，而不是藉由將單一板材折彎成一閉合的中空樑結構來製造的。

如果所得到的樑具有大致相同的強度及不會因為循環負載的疲勞而過早斷裂的話，相較於用焊接來製造箱形樑，則將板材折彎以形成一箱形樑具有節省成本上的優點。當一箱形樑在使用期間受負荷時，其是在橫切其長度的方向上受力，亦即，在橫切該樑之縱向沿伸的角落的方向受力，這些板材係順著這些角落被焊接在一起，或在將一單一板材折彎以形成箱形樑的例子中，係沿著縱向沿伸的彎折線受力。此種負荷通常是循環性的且會造成樑在其角落處的疲勞。因此，對於焊接的箱形樑而言，疲勞斷裂典型地係沿著被焊接的角落發生的，如果是使用一被彎折的板材的話，則角落彎折線同樣是最可能發生斷裂的地方。

因此，本發明的一個目的為提供一種藉由彎折被縱切口的板材以形成具有高抗疲勞的結構的方法。

本發明的另一個目的為提供一種用於板材之彎折誘發結構的改良配置，其可實質上改進以彎折板材來形成三維度物件之抗疲勞性。

本發明的一進一步的目的為提供在經過彎折之板材內之高的抗疲勞性並改善在該板材的彎折線的強度。

本發明的另一目的為提供一種用來強化被彎折且被縱

(6)

切口之板材的抗疲勞性的方法及設備，其不會增加製造成本，可被廣泛地應用在各種結構上，及可適用在各種厚度及各式材質的板材上。

本發明的設備及方法具有其它的目的及有利的特徵，其將於下面的發明內容的詳細說明及附圖中加以說明及顯示出來。

● 【發明內容】

在一態樣中，本發明包含一板材，其用於沿著一彎折線彎折且具有複數個彎折誘發結構，它們被建構及配置成可產生沿著該彎折線的彎折。至少一彎折誘發結構，最好是所有的彎折誘發結構，具有拱形的返回部分，其從該彎折誘發結構的相反端延伸出且沿著該彎折誘發結構朝向另一返回部分延伸回來。每一返回部分都被建構成可藉由具有能夠降低應力集中之拱形的長度及半徑來顯著地提高導因於在橫切該彎折線的方向上之循環負荷所引起的疲勞的抵抗性。該等彎折誘發結構最好是縱切口，溝槽及級階，它們被配置成可在彎折期間在彎折誘發結構的相對側上產生邊-對-面的嚙合。應力集中可藉由將該拱形返回部分形成爲具有一弦其長度，其至少是該板材的厚度尺寸的大約兩倍。該等拱形的返回部分進一步具有大致平行於該彎折線的弦，及該等返回部分的曲率半徑其至少是該板材的厚度尺寸的大約三倍。

在本發明的另一態樣中，一種提高一結構的抗疲勞性

(7)

的方法被提供，該結構係藉由沿著一具有複數個彎折誘發結構的彎折線彎折一板材來形成的。該方法包含的步驟為形成該等彎折誘發結構影沿著該彎折線彎折且具有拱形的返回部分，其從彎折誘發結構的相對端沿著該等彎折誘發結構朝向另一返回部分延伸回來。該等返回部分具有一沿著該彎折線的長度尺寸及一曲率半徑其被加以選擇用以大到足以及在承受橫切該彎折線的循環負荷期間可增加抗疲勞性。

【實施方式】

現將參照第本發明的較佳實施例作詳細說明，它的一個例子被示於附圖中。雖然本發明將以較佳實施例來說明，但應被瞭解的是，本發明並不侷限於此實施例。相反地，本發明意欲涵蓋由申請專利範圍所界定之本發明的精神與範圍內的所有變化，修改及等效物。

本發明之用於板材的精確彎折的方法及設備係以揭示於[相關申請案]中提到的申請案所揭示的彎折誘發縱切口，溝槽及級階為基礎，特別是2003年9月26提申，名稱為 TECHNIQUES FOR DESIGNING AND MANUFACTURING PRECISION-FOLDED, HIGH STRENGTH, FATIGU-RESISTANT STRUCTURES AND SHEET THEREFOR 的美國申請案第 10/672,722 號的內容。第 10/672,722 號申請案的第 6 圖被用作為本案的第 1 圖用以顯示本發明對縱切口，溝槽或級階所作的改進，以

(8)

提高抗疲勞性。

現參照第 1 圖，一將沿著彎折線 45 被彎折或摺疊的板材 41 被形成有複數個縱向延伸的彎折誘發結構。這些彎折誘發結構可以是沿著彎折線 45 被設置之縱切口，溝槽或級階 43 中的任何一種，但爲了簡化起見，它們將被通稱爲“縱切口”或“彎折誘發結構”。在第 1 圖中之每一彎折誘發結構 43 都具有一切痕（kerfs），而在第 2 圖至第 5B 圖則無。不論有或沒有切痕存在，其皆不構成本發明的一部分。縱切口 43 亦具有加大的應力釋放端部開口 49，或一彎曲的端部區 49a（在第 1 圖的右手邊上的縱切口）。此外，縱切口具有一彎曲的端部。彎曲的端部 49a 將縱切口終止於一相對低的應力區，藉以降低在彎曲的端部的末端發生斷裂的可能性。縱切口 43 被建構成可產生傾斜彎折條 47 繞著一疊加在該彎折線 45 上之虛擬的支點的扭曲及彎折。彎折誘發結構的此一包括凸出部（jog）距離及切痕寬度的選擇在內之配置及定位造成在該彎折誘發結構的相反側上的板材在彎折期間收攏起來或變成爲一邊-對-面的相互嚙合關係，這在相關申請案中有詳細說明，因此將不在此處作進一步描述。最好是，邊-對-面的相互嚙合發生在整個彎折的過程中直到彎折結束爲止；凸出部距離及切痕亦可選擇，用以只在彎折開始時產生邊-對-面的相互嚙合，這確保精確的彎折。因此，在本文中“彎折期間”係指包括在該彎折之可產生精確彎折之任何階段的邊-對-面的相互嚙合。只在彎折端部的相互嚙合將無法

(9)

控制具有相同精確程度的彎折位置。

如第 1 圖所示，成對的狹長縱切口 43 被設置在彎折線 45 的相對側上且靠近彎折線 45，使得在彎折線的相對側上之成對的縱向相鄰的縱切口端部 51 界定一彎折網，板條，金屬帶 47，其傾斜地延伸跨越彎折線 45。“傾斜”及“傾斜地”係指金屬帶 47 的縱向中心線跨越該彎折線，且以一除了 90 度以外的角度跨越。因此，每一縱切口，溝槽或級階的端部 51 偏離該彎折線 45，使得金屬帶 47 的中心線相對於該彎折線被偏斜或傾斜。這會造成金屬帶 47 的彎折以及扭曲。

與授予 Gitlin 等人的美國專利第 6,640,605 號所揭示的縱切口或溝槽（它們在界定彎折金屬帶的區域中都平行於該彎折線）的先前技藝不同的地，彎折誘發結構 43 偏離彎折線 45 會形成傾斜地彎折的金屬帶，其無需如在 Gitlin 等人的專利中之金屬帶般地需要極端的扭曲。又，彎折誘發結構 43 偏離彎折線 45 會造成金屬帶的寬度尺寸隨著金屬帶與板材 41 的其餘部分連接而增加。此一寬度的增加可加強負荷被傳遞跨越該彎折，因而降低應力集中並提高金屬帶的抗疲勞性。

如上文中提及的，寬度或縱切口的切痕及介於兩縱切口之間的彎折線之橫向凸出部距離最好是被作成可在彎折期間讓在縱切口的相反側上的板材產生相互嚙合的尺寸。如果切痕寬度及凸出部距離大到無法產生接觸的話，則被彎折的或被摺疊的板材仍將具有一些傾斜彎折金屬帶的改

(10)

良強度及抗疲勞的優點。然而，在這些例子中，並沒有實際的支點來讓受控制的彎折發生，使得沿著彎折線 45 的彎折變得較不可預測及較不精確。相同地，如果該等界定金屬帶的彎折誘發結構為溝槽 43（它不會穿透該板材）的話，則溝槽將會界定傾斜的，高強度的彎折金屬帶，但邊-對-面的滑動將不會在彎折期間發生，除非溝槽深到會在彎折期間穿透並變成爲一縱切口。

● 縱切口 43 可實際上位在該彎折線上或甚至跨越該彎折線（一負的凸出部距離）且仍可從該實際的支點面 55 之平衡的定位及沿著它滑動之唇部 53 的邊緣來產生精確的彎折。將彎折誘發結構 43 形成爲橫跨彎折線 45 的一項潛在的缺點爲，會有一氣隙留在相對的邊與面之間。然而，對於後續之焊接，硬焊，軟焊，黏劑填充而言一氣隙是可被接受的，甚至爲了排氣的目的該氣隙亦是所想要的。

● 在第 1 圖的縱切口板材中，傾斜的彎折金屬帶 47 及降低應力的開口或加大部分 49 這兩者都被用來提高以彎折板材 41 所形成之結構的抗疲勞性。此外，右手邊的縱切口或溝槽 43 已被形成有一拱形的返回部分或延伸部 49a，用以將縱切口 43 終止在一相對低應力的區域。雖然這些用來提高彎折誘發縱切口，溝槽或級階的抗疲勞性的策略可達到一些效果，但對於受到重復的循環負荷的結構而言它們仍未達到所想要的抗疲勞性。

詳言之，使用上述相關申請案所教導的板材縱切口化，溝槽化或級階化的技術所形成之箱形樑通常會在彎折期

(11)

間受到循環的負荷。此負荷會造成該箱形樑之具有災難性的結果的過早的疲勞斷裂。

第 2，2A，3，3A，4，4A 及 4B 圖示意地顯示彎折誘發結構的形態的演進，這些彎折誘發結構可獲得如第 5，5A 及 5B 圖所示之大幅改善抗疲勞性的形狀。

第 2 及 2A 圖與第 1 圖相對應，只是在彎折誘發結構 43 的端部 51 上不具有如第 1 圖所示之應力釋放開口或加大部 49。相同地，第 2 及 2A 圖中的端部 51 並不具有沿著縱切口往回彎的返回部分 49A。

在第 2 及 2A 圖中，偏離的縱切口端部 51 再次界定傾斜的金屬帶 47，其將可產生沿著彎折線 45 之精確的板材彎折。當第 2 及 2A 圖的板材被彎折且承受該彎折線 45 的側向負荷時，所得到的結構在循環負荷下的斷裂很可能會發生在縱切口 43 的端部，如第 2A 圖的虛線 39 所示的位置。裂痕 39 將會側向地傳播遠離該彎折線 45 並造成以彎折板 41 所形成之三維度結構的斷裂。

在第 3，3A 圖中板材 71 被形成有複數個彎折誘發結構，如縱切口 73，它們都以一種在上述相關申請案中所教導的方式相對於彎折線 75 被設置。在第 3 及 3A 圖所示的實施例中，縱切口的端部 81 被形成有相對大尺寸的拱形返回部分 82。因此，返回部分 82 與第 1 圖的拱形端部 49a 的概念相同，但返回部分 82 的曲率半徑比第 1 圖的端部 49a 的曲率半徑大許多。此設計的概念為將任何大應力裂痕尖端帶到一低應力區，使得裂痕不會從尖端開始

(12)

發生。

然而，申請人發現當一三維度的結構是藉由沿著彎折線 75 彎折板材 71 而被形成，且之後該結構承受該彎折線 75 的側向負荷時，疲勞斷裂不會發生在返回部分 82 的端部 83，而是發生在虛線 69 所示的位置，返回部 82 的近端點（proximate point）84 處，其為離彎折線 75 最遠的位置。

在避免因為拱形返回部分 82 的配置而產生應力集中的努力中，第 4，4A 及 4B 圖中，板材 91 被形成有沿著彎折線 95 的彎折誘發縱切口 93。如在第 4A 及 4B 圖中所示的，彎折誘發結構被形成有返回部分 102 其在斷裂可能發生的區域被平坦化或具有相當法的曲率半徑。返回部分然後在 103 處勾回來，用以避免應力集中發生在彎折誘發結構的端部。然而，當沿著彎折線 95 彎折然後接受橫向的負荷時，裂痕再次發生在該結構的斷裂發生處 89，如第 4A 及 4B 圖中的虛線所示。發生在 104 處的裂痕是在離該彎折線 95 最遠的地方。

第 5，5A 及 5B 圖顯示具有增大的抗疲勞性之彎折誘發縱切口，溝槽或級階構造。此構造亦被示於上述相關申請案 10/672,766 號的第 11 圖中。

在第 5 圖中，板材 111 已藉由揭示於上述相關申請案中的技術沿著彎折線 115 被形成有縱切口，溝槽或級階等彎折誘發結構 113。彎折誘發結構 113 大致上為連續的複合拱形形狀且具有端部 121 其界定彎折金屬帶 117，其以

(13)

一種揭示在前述的相關申請案中的方式傾斜地延伸跨越彎折線 115。拱形返回部分 122 被提供在彎折誘發縱切口 113 的相反端部 121 上，其中端部 121 透過直徑較小的弧 125 連接至返回部分 122。每一返回部分 122 沿著彎折線朝向另一返回部分回返。最後，返回部分最好是包括端部 123 其朝向彎折線 115 勾回來或往回延伸。

將於下面所舉的例子中看出來的是，使用第 5 圖的縱切口所形成之經過彎折的結構的抗疲勞性比使用第 4 圖的縱切口設計形成之結構的抗疲勞性，以及比傳統上用焊接所形成的結構的抗疲勞性要高出許多。

比較第 4 及 5 圖的縱切口，大幅提高的抗疲勞性被認為是源自於下列因素中的一或多項。第一，在第 4A 圖中的拱形返回部分 102 的長度比第 5A 圖中之拱形的返回部分 122 的長度短了許多。在第 4 圖中的縱切口的端部為連續的曲線，其從端部半徑 105 轉變為返回半徑 102，然後轉變為終端半徑 103。第 4 圖的縱切口的返回部分 102 的圓弧角只有 3.7 度。相反地，第 5 圖之縱切口的圓弧角為 26.7 度。因此，在第 5 圖中的弧 122 相對的弦比第 4 圖的弦長許多。這被認為在避免將會造成疲勞斷裂的應力升高上是非常重要的。

另一種表達此增加的返回長度的方式為，返回部分 122 沿著縱切口延伸的長度佔縱切口的長度的百分比，較返回部分 102 的設計要大上許多。因此，在第 5 圖中返回部分 122 的弦長度為縱切口總長度的約 20%，而在第 4 圖

(14)

的構造中則只佔該縱切口長度的約 4%。最好是，返回部分的弦分別大致平行於彎折線 95 及 115。

然而，第 4B 圖的返回部分 102 的半徑實際上比第 5B 圖中的返回部分 122 的曲率半徑長。第 4B 圖中的返回部分 102 的曲率半徑為板材的厚度（在此例子中為 0.125 英吋）的 4.32 倍。在第 5B 圖中，返回部分 122 的曲率半徑為板材的厚度（在此例子中亦為 0.125 英吋）的 3.161 倍。雖然一般認為返回部分的曲率板徑不應太小因而以一種目前尚未知曉的方式提供一個場所讓應力升高至一個程度而捲曲偏離該彎折線 115，一般認為相對於該返回部分的曲率半徑有一合理的容忍量。

如在第 4B 及 5B 圖中所示的，端部 125 的曲率半徑比端部分 105 的曲率半徑小。因此，板材厚度的 0.124 倍的半徑被使用在第 5B 圖所示的縱切口上，而板材厚度的 0.468 倍的半徑被使用在第 4B 圖所示的縱切口上。在第 4 圖中，從彎折線 95 到 104 部分的側向距離 LD 比從第 5B 圖中的相同位置到彎折線的側向距離 LD 大許多。

將切口延伸偏離該彎折線的側向距離最小化被認為是很重要的，因為縱切口切進去在彎折線的兩側上的本地（native）物質內。當該樑如第 6 圖所示地接受負荷時，樑的底側 143 將會受到張力，使得直接位在該等縱切口上方之本地物質的彎折將被召喚來抵抗沿著樑的長度的張力。因為拱形的縱切口具有一增大的端部半徑，所以未斷裂的本地物質帶移離開該彎折線一段 LD 的側向距離（見第 5B

(15)

圖)，讓它在抵抗張力負荷上承受更大的應力。

在此時，關於返回部分的弧度，返回部分的半徑或端部弧度半徑都沒有進行足夠的測試來產生完整的曲線，用以決定被強化的疲勞抵抗性是在何處開始變得很顯著。一般咸認第 5 圖的結構可將板材的厚度尺寸縮小（scale off）。既然在抗疲勞性上的改進讓樑可由板材來摺疊形成且其抗疲勞性比用焊接來製成的相同結構要好上許多倍，該性能超越焊接的結構的性能的確切點傾向於是學術上的。第 5，5A 及 5B 圖的結構在抗疲勞性上的性能比將板材焊接在一起形成的箱形樑要好很多。

例子

第 6 圖示意地顯示一被放置在一疲勞測試台上的箱形樑。每一受測的箱形樑都具有一方形的截面其每一邊都是 4 英吋並包括一凸緣 132 其被摺在一側壁的內側並用一固定件組件 133，在此例子中為一螺栓及螺帽，固定於該側壁上。固定件沿著該樑的長度每隔 4 英吋設置一個，且樑 131 的總長度為 48 英吋。一支撐組件 135 被提供在樑 131 的兩端附近，受力分布板 137 被用來避免局部的應力集中。

樑 131 在其中心的兩側的兩個位置 139 處受載。這兩個負載彼此相距一段約 6 英吋的距離。受力分布板亦被使用在受載位置 139 處，箭頭 141 示意地顯示樑接受從一最小的負載到一最大的負載。負載係來回循環於最小至最大

(16)

負載之間直到樑發生斷裂為止。因此，如第 6 及 6A 圖所示，樑的底側 143 是在張力的循環中，而頂側 145 在該樑的橫向彎折下則是被壓縮的。在這兩種情形中，斷裂沿著樑的底側 143 發生且裂痕從底側 143 朝向頂側向上傳播。

第 7 圖顯示各式的樑使用第 6 圖的測試台測試的結果。應力是以 MPa 為單位來測量且係以相對於到達斷裂的週期被標繪。而且，第 7 圖亦顯示焊接的箱形樑之到達斷裂的週期曲線，其為焊接等級的函數。因此，B 級的焊接被顯示為最上面的曲線，而 G 級的焊接則是最下面的曲線。“B 級焊接”至“G 級焊接”曲線所代表的資料是在測試“B 級焊接”至“G 級焊接”的鋼製箱形樑時產生的，這些樑使用各自的焊接等級標準在角落處被焊接。典型地，市面上可獲得的箱形樑是以 F 焊接等級來焊接的。

在第 7 圖上的資料點是兩種類別箱形樑的資料，一種是使用第 4 圖的縱切口組態，另一種則是使用第 5 圖的縱切口組態。當在實施最初的測試時，試驗的負荷範圍相當小，即 17.5（如，約為 90-100MPa 的應力範圍）。資料點 161，162，163 及 164 都是使用較小的循環負荷力度來試驗。資料點 161，162，163 都是使用第 4 圖的縱切口組態的樑的測試資料。資料點 164 則是使用第 5 圖的縱切口組態及 17.5 試驗負載（如，約為 100MPa 的應力範圍）的測試資料，但樑並沒有在資料點 164 斷裂。

最終測試的負載被提高且資料點 171，172，173，174 及 175 為樑接受 26 的負載範圍（如，約為 150MPa 的

(17)

應力範圍)的資料點。資料點 172, 173 及 174 為彎折具有第 4 圖的縱切口組態的板材樑所形成之箱形樑的測試資料, 而資料點 171 及 175 為彎折具有第 5 圖的縱切口組態的板材樑所形成之箱形樑的測試資料。

資料點 171 為一相當早發生在第 5 圖的箱形樑上的斷裂的資料點, 這並不是因為該樑在任何的縱切口斷裂, 而是因為樑在循環期間從方形變形為一菱形模式。此一菱形模式造成一過早的斷裂。資料點 164 及 175 係同一種類的樑, 即具有第 5 圖的縱切口的樑。該樑在 17.5 的低試驗負載(如, 約為 100MPa 的應力範圍)下接受高達 2100000 次循環的負荷, 因為沒有斷裂產生, 所以負載範圍被提高至 26(如, 約為 150MPa 的應力範圍)。該樑的負載次數被持續增加至 3827753 次循環, 在此時點該測試無法完成因為在負荷點 139 之一發生斷裂, 這顯示斷裂並不單純是樑的特性的函數, 而是樑/測試組態的函數。因此, 測試大致上並沒有完成以只出具有第 5 圖的縱切口之樑的終極真實極限。

資料點 175 是在 C 級焊接取線的上方, 其比市面上可獲得之 F 級焊接曲線低許多。在負載範圍 26(如, 約為 150MPa 的應力範圍)之下, F 級焊接平均而言會 6000000 循環時斷裂。因此, 使用第 5 圖的縱切口組態之被彎折的箱形承受循環負荷的能力比用 F 等級焊接而成的箱形樑要大上六倍, 但本發明的箱形樑所能承受之循環負載次數的上限則仍是未知。

(18)

第 8 圖爲一表格，其顯示用來產生第 7 圖的資料的測試結果。

爲了示範及描述的目的，本發明的一特定實施例的說明已於上文中被提供。上述的說明並不是要排除性地將本發明侷限在所揭示的形式，很顯然地在上述的教導下會有許多可能的變化及修改。該實施例被選用及描述是爲了要對本發明的原理及主要的應用作最佳的解釋，用以讓熟習此技藝者能夠利用本發明並以各式適用於特性用途的改變來體現本發明。本發明的範圍是由下面的申請專利範圍及其等效物來加以界定的。

【圖式簡單說明】

第 1 圖爲一板材的頂視圖，其具有示於相關申請案中

之彎折誘發結構。

第 2 圖爲第 1 圖中之縱切口的一示意頂視圖，第 2A 圖爲第 2 圖中之縱端部的放大頂視圖。

第 3 圖爲一示意頂視圖，其顯示第 2 圖的縱切口的另一實施例之拱形的返回部分。

第 3A 圖爲第 3 圖的縱切口的一端的放大頂視圖。

第 4 圖爲一示意頂視圖，其顯示第 2 圖的縱切口的另一實施例之延伸的拱形返回部分。

第 4A 及 4B 圖爲第 4 圖之縱切口的端部的放大頂視圖。

第 5 圖爲一示意頂視圖，其顯示第 2 圖的縱切口的另

(19)

一 實施例之拱形返回部分，其中該等縱切口具有依據本發明的配置及結構。

第 5A 及 5B 圖為第 5 圖之縱切口的端部的放大頂視圖。

第 6 圖為一疲勞測試台的示意側視圖，其中一使用第 4 圖所示的縱切口配置來形成的箱形樑被放在該測試台上進行測試。

第 6A 圖為第 6 圖的樑的端視圖。

第 7 圖為箱形樑使用第 6 圖的測試台進行測試的一應力 vs. 循環至斷裂的圖表，其顯示 B 級焊接至 G 級焊接的焊接曲線。

第 8 圖為一表格，其顯示箱形樑使用第 6 圖的測試台進行測試所得的結果。

【 主要元件符號說明 】

41	板 材
45	彎 折 線
43	彎 折 誘 發 結 構
49	開 口
49a	端 區
47	彎 折 金 屬 帶
51	端 部
53	唇
55	支 點 面

(20)

39	裂 痕
71	板 材
73	縱 切 口
75	彎 折 線
81	端 部
82	返 回 部 分
83	端 部
84	近 端 點
69	虛 線
91	板 材
93	彎 折 誘 發 縱 切 口
95	彎 折 線
102	返 回 部 分
89	裂 痕
111	板 材
113	彎 折 誘 發 縱 切 口
115	彎 折 線
117	彎 折 金 屬 帶
121	端 部
122	拱 形 的 返 回 部 分
123	端 部
125	弧
103	末 端 半 徑
105	端 部 半 徑

(21)

143	底側
132	凸緣
133	固定件組件
131	樑
135	支撐組件
137	受力分布板
139	位置
141	箭頭
143	底側
145	頂側
161	資料點
162	資料點
163	資料點
164	資料點
171	資料點
172	資料點
173	資料點
174	資料點
175	資料點

五、中文發明摘要

發明之名稱：抗疲勞之板材開槽方法及所得之板材

一種板材（111）其上設有複數個彎折誘發結構（113）用以產生沿著一彎折線（115）的彎折。該等彎折誘發結構（113）具有拱形的返回部分，其（122）從相反端（121）沿著該等彎折誘發結構（113）朝向另一返回部分（122）延伸回來，且每一返回部分（122）都具有一長度尺寸及一減低應力集中之曲率半徑。最好是，該拱形的返回部分（122）的長度尺寸比厚度的兩倍還大。側向距離，LD，其為該等彎折誘發結構（113）被形成在該板上離該彎折線（115）的距離最好是被小半徑弧（125）最小化，這些弧將返回部分（122）連接至該等彎折誘發結構（113）的其餘部分。一種用一板材（111）形成一可承受循環載荷的結構（131）的方法亦於本案中被提供，此方法可藉由沿著一具有複數個彎折誘發結構（113）的彎折線彎折板材（111）來提高一結構（131）的抗疲勞性。

六、英文發明摘要

發明之名稱：**FATIGUE-RESISTANCE SHEET SLITTING METHOD AND RESULTING SHEET**

A sheet of material (111) having a plurality of bend-inducing structures (113) configured and positioned to produce bending along a bend line (115). The bend-inducing structures (113) have arcuate return portions (122) extending from opposite ends (121) back along the bend-inducing structures (113) toward the other return portion (122) and each return portion (122) has a length dimension and a radius of curvature reducing stress concentrations. Preferably, the length dimension of the arcuate return portion (122) is in excess of twice the thickness. The lateral distance, LD, to which the bend-inducing structures (113) is formed in the sheet away from the bend line (115) is preferably minimized by small radius arcs (125) which connect the return portions (122) to the remainder of the bend-inducing structures (113). A method of forming a structure (131) from a sheet of material (111) to resist cyclical loading is also disclosed, as is a method to increase the fatigue resistance of a structure (131) formed by bending a sheet of material (111) along a bend line (115) having a plurality of bend-inducing structures (113).

(1)

十、申請專利範圍

1.一種板材，其可沿著一彎折線彎折，該板材包含：

一板材，其具有複數個彎折誘發結構被建構及設置來產生沿著該彎折線的彎折，其中至少一彎折誘發結構具有拱形返回部分其從該彎折誘發結構的相反端延伸出並沿著該彎折誘發結構朝向另一返回部分返回，該等返回部分每一者都被建構來大幅地降低因為在橫切該彎折線的方向上之負荷所造成的應力集中。

2.如申請專利範圍第 1 項之板材，其中該等彎折誘發結構是縱切口，溝槽及級階其中的一者。

3.如申請專利範圍第 2 項之板材，其中該等拱形的返回部分在靠近相反端處彎曲偏離該彎折線並在返回部分的末端朝向彎折線彎回來。

4.如申請專利範圍第 3 項之板材，其中該等拱形的返回部分具有一沿著彎折線的長度尺寸，其等於該板材的厚度尺寸的至少 2 倍。

5.如申請專利範圍第 3 項之板材，其中每一該等拱形的返回部分具有一沿著彎折線的長度尺寸，其等於該彎折誘發結構沿著彎折線的總長度的至少 20%。

6.如申請專利範圍第 4 項之板材，其中該等拱形的返回部分在其長度的一主要部分上具有一曲率半徑區，其等於該板材的厚度尺寸的至少 2 倍。

7.如申請專利範圍第 4 項之板材，其中該等拱形的返回部分在其長度的一主要部分上具有一曲率半徑區，其等

(2)

於該板材的厚度尺寸的至少 3 倍。

8.如申請專利範圍第 2 項之板材，其中

該彎折誘發結構為一弧形物，其具有一外凸側面向該彎折線並沿著該彎折線沿伸，及

該弧狀物的相反端沿著具有曲率半徑介於板材厚度尺寸的 0.1 至 1.0 倍的弧轉變為返回部分。

9.如申請專利範圍第 2 項之板材，其中該彎折誘發結構距離該彎折線的橫向尺寸小於該彎折誘發結構的總長度的 20%。

10.如申請專利範圍第 2 項之板材，其中該等彎折誘發結構係由相連接的拱形區所形成的，這些拱形區對稱於該彎折誘發結構的一垂直於該彎折線的橫切中心線，且該彎折誘發結構的相反端的曲率半徑小於返回部分的曲率半徑。

11.如申請專利範圍第 10 項之板材，其中返回部分的曲徑是彎折誘發結構的相反端的曲率半徑的至少 5 倍。

12.如申請專利範圍第 2 項之板材，其中每一返回部分都具有一長度其等於該板材的厚度尺寸的 2 倍至 4 倍，及具有一曲率半徑其為該板材的厚度尺寸的 2 倍至 4 倍。

13.如申請專利範圍第 12 項之板材，其中每一端部都具有一不大於該板材的厚度尺寸之曲率半徑。

14.如申請專利範圍第 4 項之板材，其中該等彎折誘發結構被建構及設置成可在彎折期間讓在彎折誘發結構的相反側上的板材產生邊-對-面的嚙合。

(3)

15.一種板材，其可沿著一彎折線彎折，該板材包含：

一板材，其具有複數個彎折誘發縱切口其以縱向交錯安排的方式被交替地設置在該彎折線的兩側且被建構成可在彎折期間讓在彎折誘發縱切口的相反側上的板材產生邊-對-面的嚙合，該等縱切口的每一者都是拱形的且具有最靠近該彎折線的外凸側及在縱切口的相反端處具有拱形的返回部分，其沿著縱切口朝向另一返回部分延伸回來，及該等拱形的返回部分具有一長度尺寸及減少應力集中的曲率半徑。

16.如申請專利範圍第 15 項之板材，其中該等返回部分具有被定向為平行於該彎折線的弦。

17.如申請專利範圍第 16 項之板材，其中該等拱形的返回部分的曲徑是該板材的厚度尺寸的至少 2 倍。

18.如申請專利範圍第 17 項之板材，其中該等返回部分的曲徑是該板材的厚度尺寸的 2 倍至 4 倍。

19.如申請專利範圍第 15 項之板材，其中該板材被沿著該彎折線彎折。

20.如申請專利範圍第 19 項之板材，其中該板材被沿著該彎折線彎折成為一適合承受橫切該彎折線的負荷之三維度結構。

21.一種提高一結構的抗疲勞性的方法，該結構係藉由沿著一彎折線彎折一板材來形成的，該板材上具有複數個彎折誘發結構被設置及建構來造成沿著該彎折線的彎折

(4)

，該方法包含的步驟為：

形成該等彎折誘發結構，其沿著該彎折線延伸且具有拱形的返回部分其從該等彎折誘發結構的相反端延伸離開並沿著該等彎折誘發結構朝向另一返回部分延伸回來，該等返回部分具有一沿著該彎折線的長度尺寸及一曲率半徑，其經過選擇用以大到足以顯著地減少應力集中並在該板材受到橫切該彎折線的循環負荷時顯著地提高抗疲勞性。

22.如申請專利範圍第 21 項所述之方法，其中形成帶有該等返回部分的彎折誘發結構的步驟係藉由將返回部分形成為具有一該板材的厚度尺寸的 2 倍至 4 倍的曲率半徑來完成的。

23.如申請專利範圍第 22 項所述之方法，其中在該形成步驟期間，將該等彎折誘發結構形成為在該板材上的縱切口，溝槽及級階其中的一者。

24.如申請專利範圍第 23 項所述之方法，其中在該形成步驟期間，將該等彎折誘發結構形成為具有一可在彎折期間讓在彎折誘發結構的相反側上的板材產生邊-對-面的嚙合的配置。

25.一種製備一板材的方法，用以沿著一彎折線將該板材彎折成三維度結構並讓該結構承受橫切該彎折線的負荷，該方法包含的步驟為：

形成複數個沿著該彎折線的彎折誘發結構，該等彎折誘發結構為在該板材上鄰近該彎折線的縱切口，溝槽及級階其中的一者；及

(5)

在該形成步驟期間，將該等彎折誘發結構形成爲具有返回部分，其從該等彎折誘發結構的相反端延伸離開並沿著該等彎折誘發結構朝向另一返回部分延伸回來，每一返回部分都具有一沿著該彎折線的長度尺寸，其足以在該結構受到橫向負荷時實質上提高疲勞斷裂的抵抗性。

26.如申請專利範圍第 25 項所述之方法，其中在該形成步驟期間，將該等拱形的返回部分形成爲具有被定向爲平行於該彎折線的弦。

27.如申請專利範圍第 26 項所述之方法，其中在該形成步驟期間，將該等拱形的返回部分形成爲具有等於該板材的厚度尺寸的至少 2 倍的曲徑半徑。

28.如申請專利範圍第 27 項所述之方法，其更包含在該形成步驟之後將該板材彎折成爲三維度結構的步驟。

29.如申請專利範圍第 28 項所述之方法，其更包含在該彎折步驟之後讓該三維度結構接受橫切該彎折線的負荷的步驟。

30.一種將一板材形成爲一結構的方法，該結構可抵抗循環負荷，該方法包含的步驟爲：

將一板材形成爲具有複數個沿著一彎折線被建構及設置的彎折誘發結構，用以讓該板材產生沿著該彎折線的彎折；

沿著該彎折線彎折該板材彎用以產生三維度的彎折結構；及

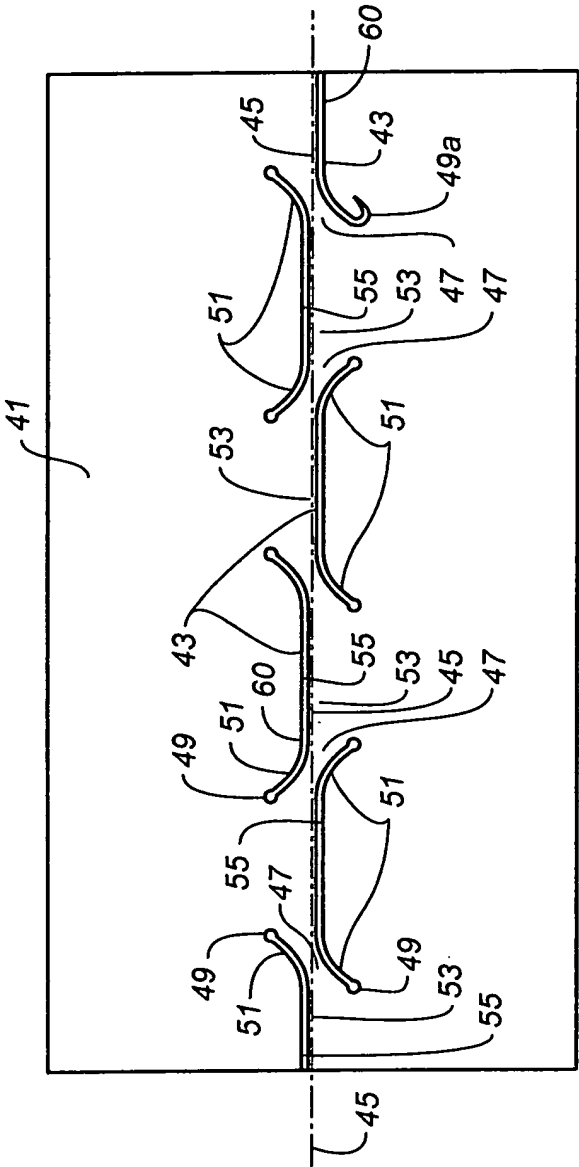
在該形成步驟期間，將每一彎折誘發結構形成爲一連

(6)

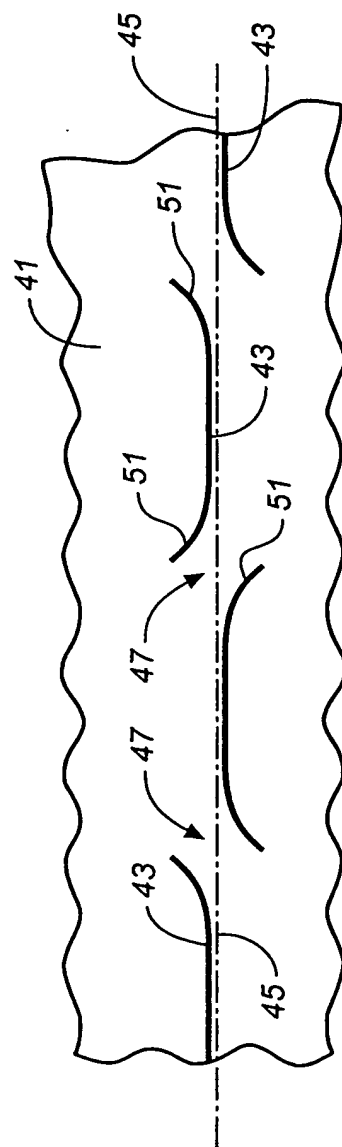
續的縱切口，其具有彎曲離開該彎折線的相反端及具有拱形的返回部分從相反端延伸出並沿著縱切口朝向另一返回部分彎回來且返回部分的末端朝相該彎折線彎回來。

31.如申請專利範圍第 30 項所述之方法，其更包含在該彎折步驟之後，對該彎折的結構循環地施加橫切該彎折線的負荷的步驟。

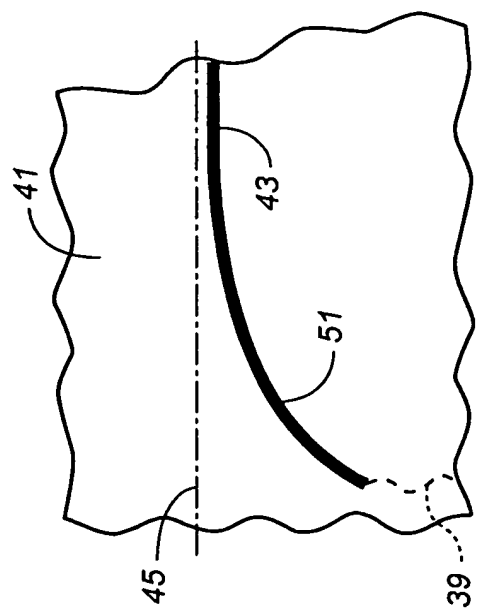
32.如申請專利範圍第 31 項所述之方法，其中形成每一彎折誘發結構的步驟係藉由將拱形的返回部分形成為具有一弦長度來完成的，其中該弦長度為沿著該彎折線延伸一段該彎折誘發結構沿著該彎折線的長度的至少 20%。



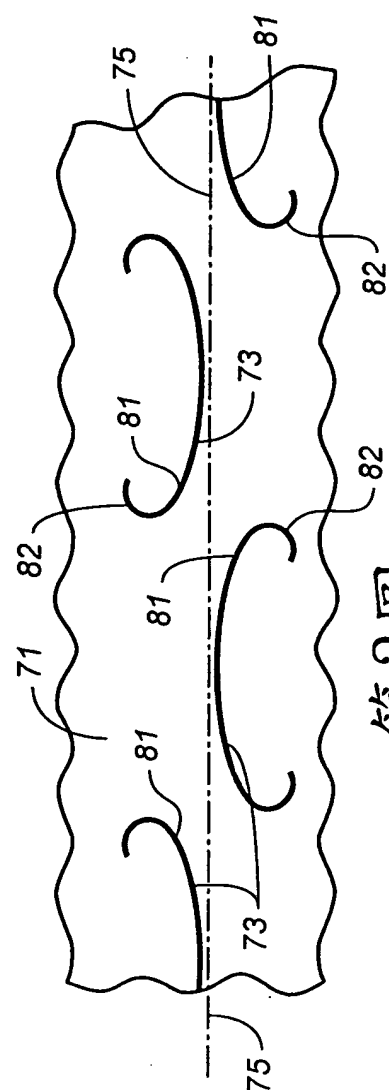
第1圖



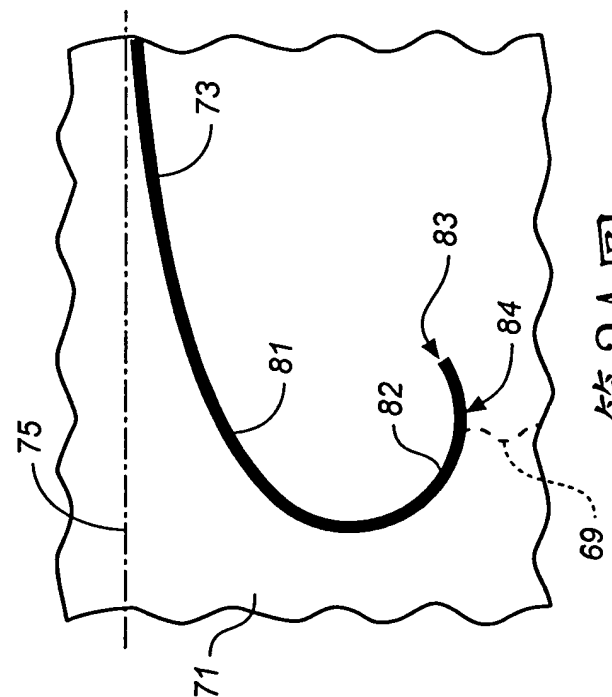
第2圖



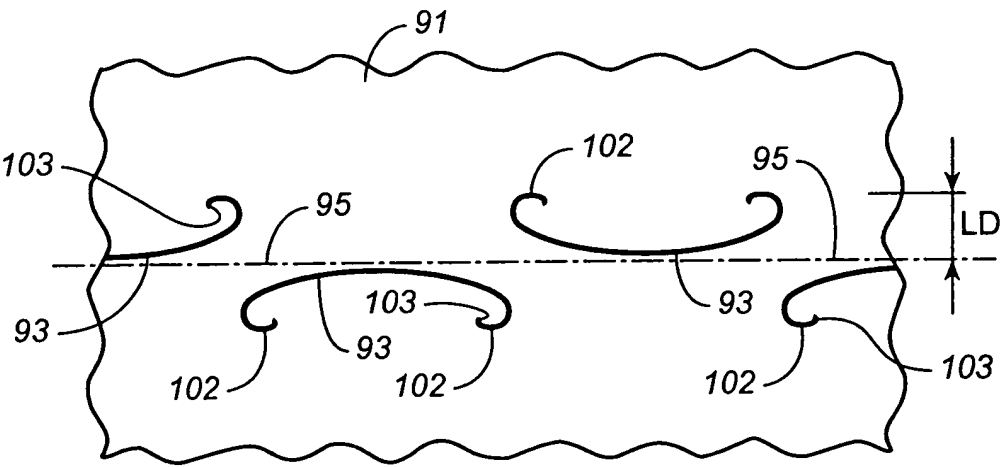
第2A圖



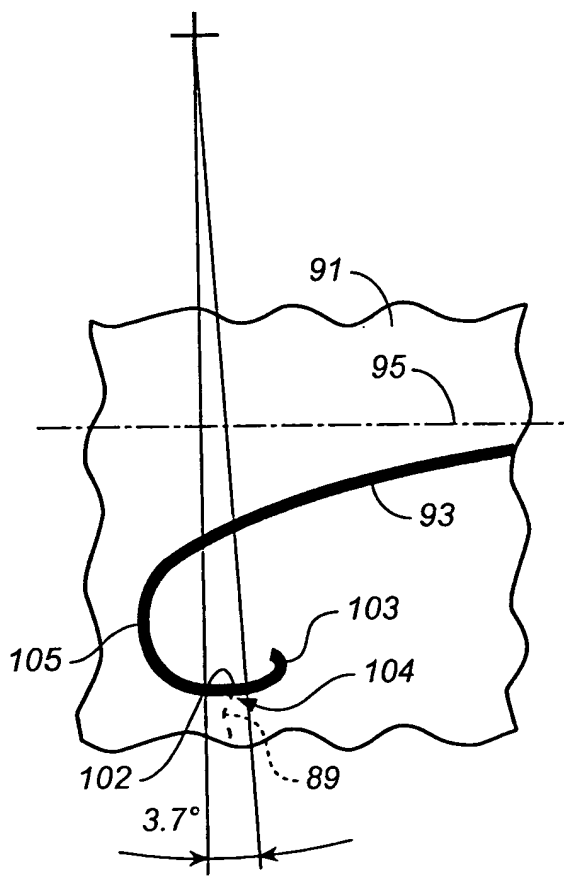
第3圖



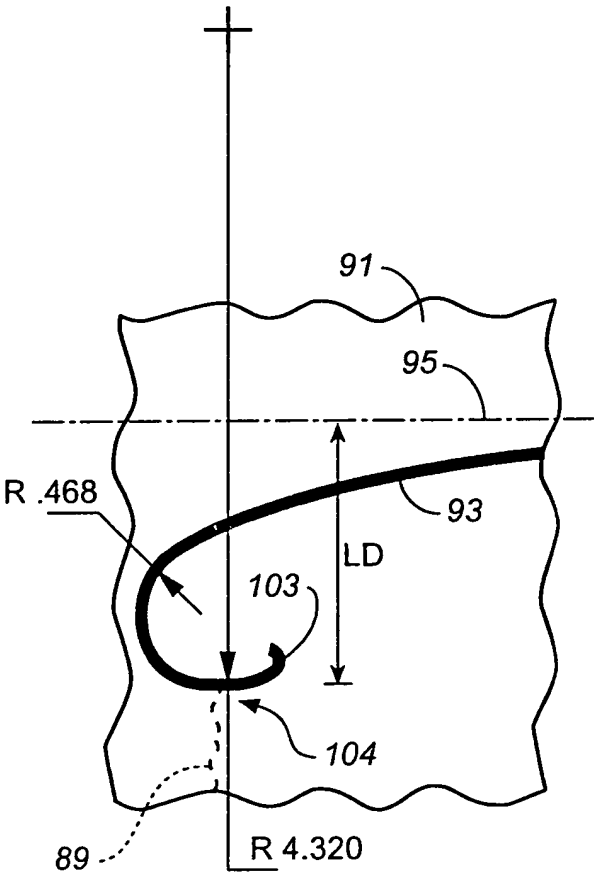
第3A圖



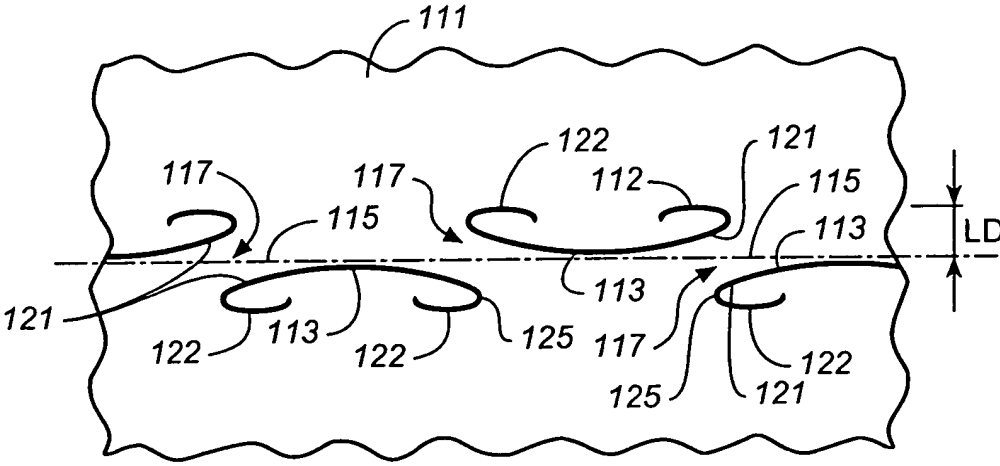
第4圖



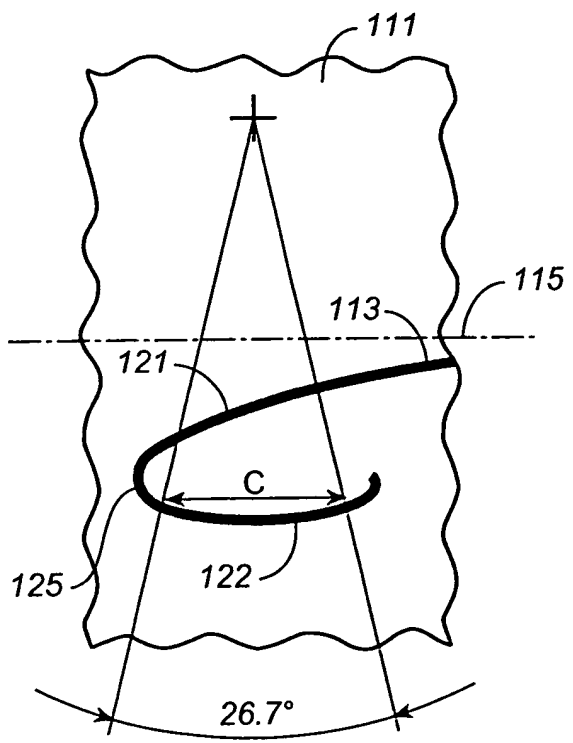
第4A圖



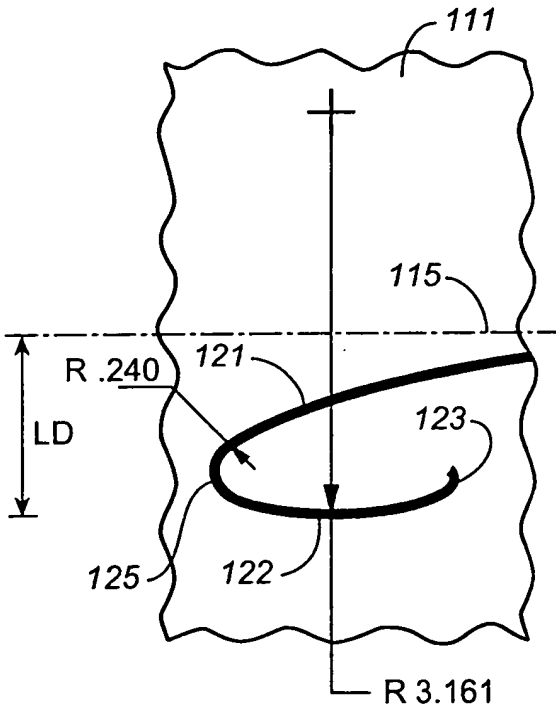
第4B圖



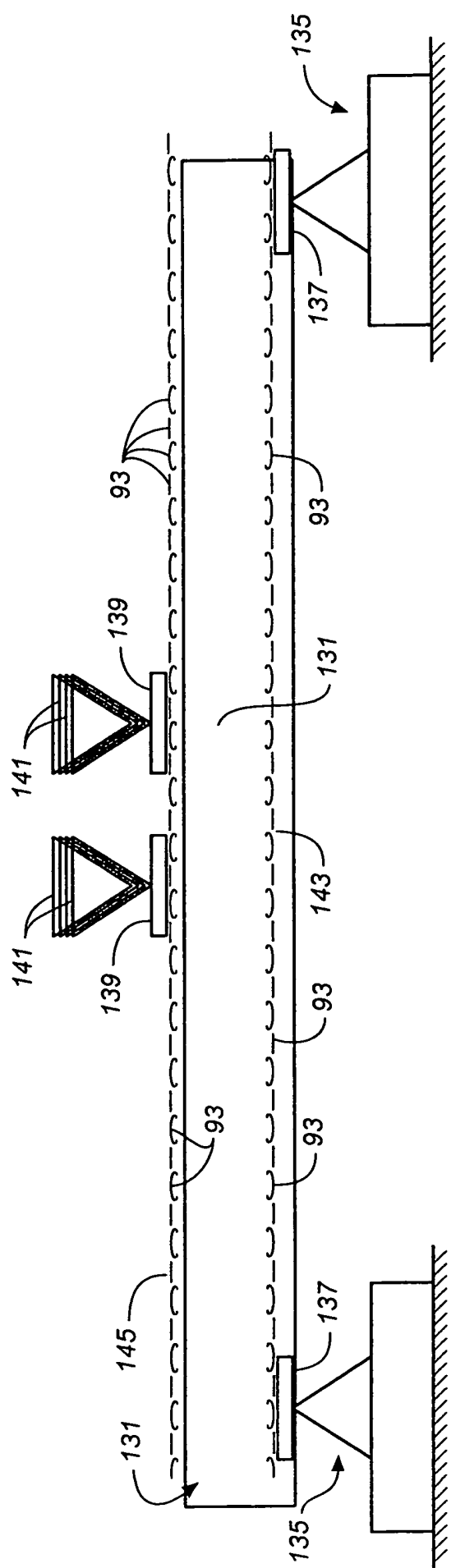
第5圖



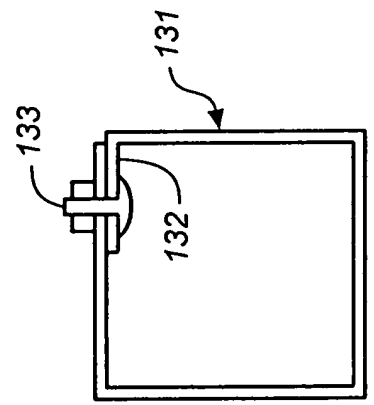
第5A圖



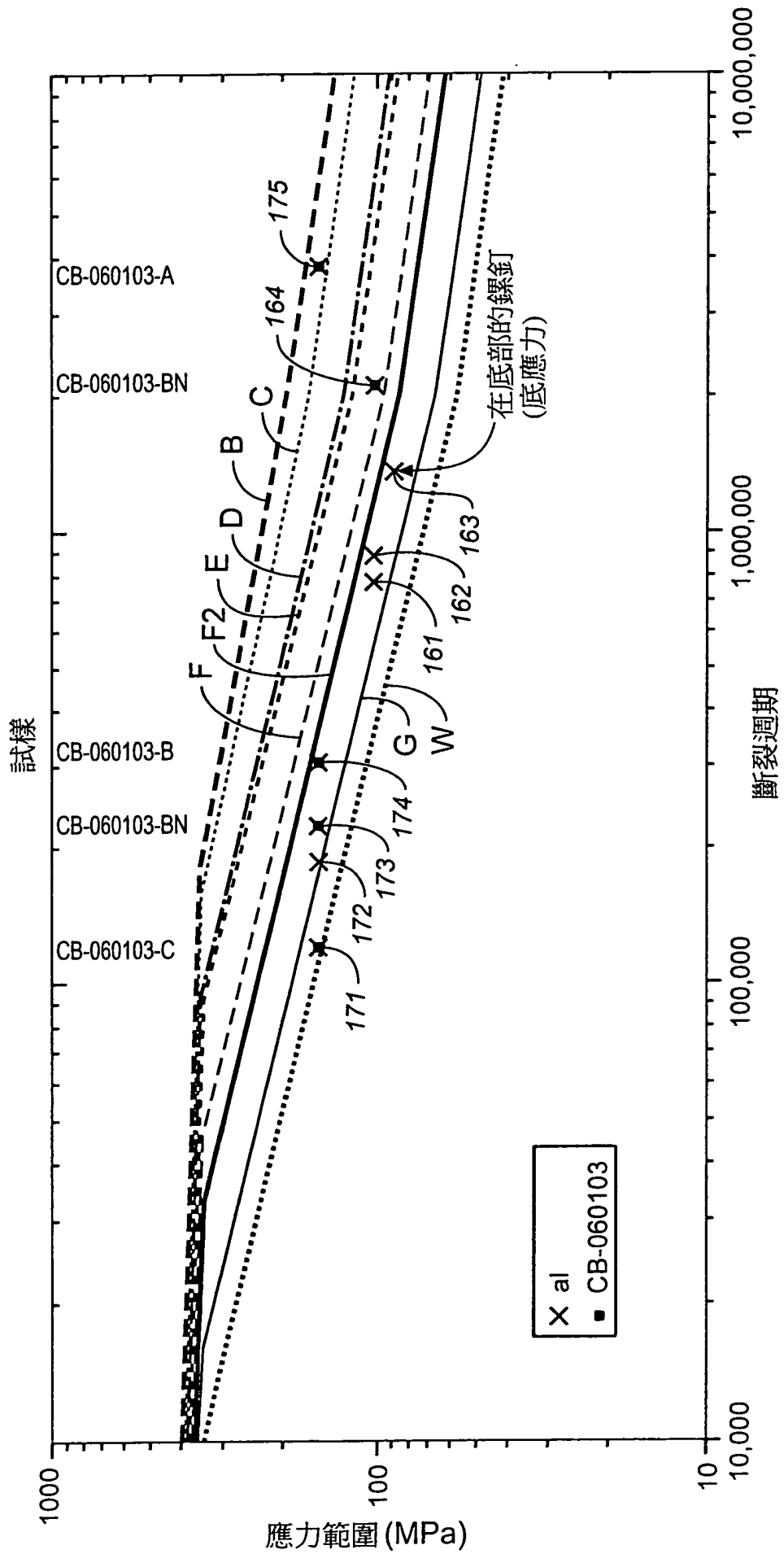
第5B圖



第6圖



第6A圖



第7圖

試樣 ID	註記	工作記錄單註記	最初週期	總週期	最大負荷	最小負荷	平均負荷	負荷範圍	負荷振幅	應力係數	應力範圍	應力振幅	ABS (週期)
WD10-2	從刻痕背面的頂端斷裂橫越底側及上側	測試梁		756911	-1	-19	-9.75	17.5	8.75	5.74	100.4	50.2	756911
WD10-3	從刻痕背面的頂端斷裂橫越底側及上側	測試梁		867713	-1	-19	-9.75	17.5	8.75	5.74	100.4	50.2	867713
WD10-4	懸架－檢查應力係數	測試梁－ 鏢釘在底部		-1340908	-1	-19	-9.75	17.5	8.75	5	87.5	43.8	1340908
WD10-5	從刻痕背面的頂端斷裂橫越底側及上側	測試梁		177321	-1	-27	-14	26	13	5.74	149.2	74.6	177321
WD10-6	懸架－提高負荷-見WD 10-6B	CB-060103-BN		-2100000	-1	-19	-9.75	17.5	8.75	5.74	100.4	50.2	2100000
WD10-6B	來自不同的鈎背面於鈎的轉角處的2-5mm裂痕	CB-060103-BN	112700	212695	-1	-27	-14	26	13	5.74	149.2	74.6	212695
WD10-7	來自不同的鈎背面於鈎的轉角處的裂痕	CB-060103-B	187000	294176	-1	-27	-14	26	13	5.74	149.2	74.6	294176
WD10-8	來自上負荷點的斷裂	CB-060103-A		-3827753	-1	-27	-14	26	13	5.74	149.2	74.6	3827753
WD10-9	多個帶狀斷裂在一端造成菱形	CB-060103-C		115290	-1	-27	-14	26	13	5.74	149.2	74.6	115290

第8圖

七、指定代表圖：

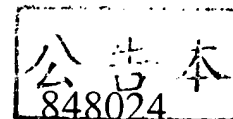
(一) 本案指定代表圖為：第(1)圖

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

41	板 材
45	彎 折 線
43	彎 折 誘 發 結 構
49	開 口
49 a	端 區
47	彎 折 金 屬 帶
51	端 部
53	唇
55	支 點 面

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)



發明專利說明書

民國 96 年 12 月 12 日 修正
848024

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：94123426

※申請日期：94 年 07 月 11 日

※IPC 分類：B21D 5/00

一、發明名稱：

(中) 抗疲勞之板材開槽方法及所得之板材

(英) Fatigue-resistance sheet slitting method and resulting sheet

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 工業摺紙股份有限公司

(英) INDUSTRIAL ORIGAMI, INC.

代表人：(中) 1. 李克 豪門

(英) 1. HOLMAN, RICK A.

地 址：(中) 美國加州舊金山卜利安街四八七號

(英) 487 Bryant Street, San Francisco, CA 94107, U.S.A.

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

三、發明人：(共 3 人)

1. 姓 名：(中) 麥斯 德尼

(英) DURNEY, MAX W.

國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

2. 姓 名：(中) 亞倫 潘德利

(英) PENDLEY, ALAN D.

國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

3. 姓 名：(中) 賈斯汀 寇奇

(英) KOCH, JUSTIN

國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

四、聲明事項：

96年12月28日(星期五) 14時

848024

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2004/07/12 ; 60/587,470 ☒ 有主張優先權